

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Хоссейна Фарджамии «ОСОБЕННОСТИ ПОЛЯ ВЕТРОВЫХ ВОЛН В ИНДИЙСКОМ ОКЕАНЕ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВЫХ АЛЬТИМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.28 – океанология

Работа Хоссейна Фарджамии посвящена исследованию закономерностей пространственно-временной изменчивости полей ветра и волн в Индийском океане на основе спутниковых альтиметрических измерений. В настоящее время спутниковая альтиметрия позволяет решать различные задачи диагностики океанских течений, поля морских волн, приводного ветра, обеспечивая во многих случаях точность, недостижимую с помощью стандартных контактных или дистанционных средств наземного и морского базирования.

Однако в ряде важных случаев, например, при исследовании волн и ветра в прибрежной зоне или при исследовании пространственного распределения высот волн, генерируемых движущимся тропическим циклоном, готовые спутниковые продукты AVISO уровня L3 и/или L4 не могут быть использованы из-за значительного пространственного и временного осреднения, заложенного при подготовке этих данных. В этом случае исследования должны проводиться на основе калиброванных измерений исходного пространственного разрешения (спутниковые продукты уровня Level-1(L1) и/или Level-2(L2)). При этом сегодня универсальные «рецепты» и алгоритмы применения данных этого уровня отсутствуют. Этот факт определяет **актуальность** данной работы, в которой разрабатываемые методы и алгоритмы предназначены для анализа альтиметрических измерений в прибрежной зоне и в зонах движущихся штормов, где поля ветра и волн обладают сильной пространственно-временной изменчивостью.

Известно, что мощность альтиметрического сигнала, по которой восстанавливается скорость ветра, существенно зависит от степени развития ветрового волнения. Поэтому применение стандартных алгоритмов приводит к заниженным оценкам скорости ветра, в то время как использование двухчастотных альтиметрических данных позволяет уменьшить погрешность, однако, наличие таких измерений является скорее исключением, чем правилом.

Кроме того, поля ветровых волн в тропических циклонах все еще изучены крайне слабо. Исследования особенностей генерации волн ураганами/тайфунами исключительно актуальны для развития систем раннего предупреждения о появлении опасных явлений и оценки возможного ущерба прибрежной и береговой инфраструктуре. Альтиметрические измерения высот волн в ураганах являются одним из немногих источников информации.

Информация о волнении и приводном ветре необходима для судоходства, морского промысла, контроля загрязнения морской среды и других сфер деятельности в Аравийском море и в Персидском заливе. Эти акватории играют важную роль в экономике и политике региона и мира. Поэтому, исследование волновых и ветровых режимов важно для Ирана и других стран региона.

Научная новизна исследования следует из применения методов, основанного на измерениях спутниковых альтиметров, на основании чего показано, что наиболее интенсивная изменчивость скорости ветра наблюдается в юго-западном районе Аравийского моря и в центральном районе Бенгальского залива и интенсивная изменчивость волн наблюдается в центральном районе Аравийском море и в северном районе Бенгальского залива. При этом показано, что применение стандартных алгоритмов восстановления скорости ветра в прибрежной зоне по данным альтиметрических измерений приводит к значимым систематическим ошибкам, связанным с влиянием развития ветрового волнения на отраженный альтиметрический сигнал.

В работе, в частности, показано, что применение стандартных алгоритмов восстановления скорости ветра в прибрежной зоне по данным альтиметрических измерений приводит к значимым систематическим ошибкам, связанным с влиянием развития ветрового волнения на отраженный альтиметрический сигнал, и предложен метод коррекции стандартных альтиметрических алгоритмов, позволяющий существенно улучшить точность восстановления скорости ветра в прибрежных зонах.

Применяя оригинальные методы, автор исследовал особенности развития ветрового волнения в прибрежной зоне в условиях пространственной изменчивости ветра на основе альтиметрических измерений, а также предложил новую полуэмпирическую модель развития волн, которая может быть в дальнейшем внедрена в различные прикладные и фундаментальные исследования. На основе этой модели исследованы особенности пространственного распределения энергии волн в тропических циклонах, полученные на основе альтиметрических измерений, демонстрирующие эффекты захвата волн движущимися циклонами, выражающиеся в значимом усилении энергии волн в их правом секторе. Новыми являются и результаты моделирования альтиметрических измерений с использованием полуэмпирической модели волн, с тестированием и оценкой качества модели, позволяющей давать прогнозы генерации аномально высоких волн.

Полученные в диссертации результаты обладают **научной и практической значимостью**, в частности, в диссертации исследованы особенности пространственно-временной изменчивости поля ветра и волн в северной части Индийского океана по данным спутниковых альтиметрических измерений. Установленные в работе закономерности пространственно-временного режима ветра и волн в северной части Индийского океана могут быть использованы для информационного обеспечения безопасности мореплавания и строительства, а также служить основой при планировании и проведении натурных экспериментов.

Предложенный в работе метод коррекции стандартного альтиметрического алгоритма восстановления ветра для прибрежных зон, может быть внедрен в оперативную практику предоставления улучшенных геофизических продуктов.

Установленные закономерности и модель генерации волн тропическим циклоном могут быть использована для моделирования и предсказания экстремальных явлений, в частности, в Индийском океане. Предложенный метод анализа поля ветра и волн на основе спутниковых альтиметрических измерений может быть использован при решении задач обеспечения безопасности и повышения экономической эффективности экономической деятельности и судоходства в открытых и прибрежных водах мирового океана.

Основные **положения** и результаты диссертационной работы достаточно четко обоснованы и доказаны. Особо необходимо подчеркнуть **личный вклад** автора в обработке и анализе большого объема спутниковой информации, и в особенности, в разработке компьютерных программ, реализующих предложенные методы и алгоритмы.

Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения. Общий объем работы – 106 страниц, включая 33 рисунка и 5 таблиц, список литературы содержит 91 источник. Список использованной литературы по большей части состоит из современных иностранных источников, что подчеркивает знакомство автора с современной литературой по тематике диссертационного исследования. Автореферат в полной мере отражает материалы и основное содержание диссертации.

Замечания по диссертационной работе

1) В задачах диссертации говорится об исследовании сезонной и межгодовой изменчивости полей, однако, в действительности полноценное временное исследование изменчивости полей отсутствует. Вывод о том, что «наиболее интенсивная изменчивость скорости ветра наблюдается в юго-западном районе Аравийского моря и в центральном районе Бенгальского залива и интенсивная изменчивость волн наблюдается в центральном районе Аравийском море и в северном районе Бенгальского залива, что объясняется влиянием сезонных муссонов в Индийском океане. При этом, сезонные и межгодовые аномалии в Аравийском море выражены более ярко, чем в Бенгальском заливе» – относится более к пространственной, а не временной изменчивости. В частности, в работе показаны графики временных рядов 1-4 мод разложения на ЕОФ скорости приводного ветра и высот ветровых волн с оценкой вклада компонент в общую дисперсию рассматриваемых характеристик, но по сути это не является исследованием межгодовой и сезонной их изменчивости. Для этой цели следовало бы привлечь другие методы анализа временных рядов, например, спектральный анализ или вейвлет-анализ.

- 2) Стр. 41. «Анализ временных рядов приводного ветра и ветровых волн показывает, что режим изменчивости приводного ветра может определить режим ветровых волн в исследуемом регионе, корреляция между ними в Аравийском море – 66%, а в Бенгальском заливе – 61%». – В данном случае рассматривается парная корреляция между зависимыми переменными, поэтому вывод о статистической связи между ними не является репрезентативным.
- 3) Стр. 41. Исследование корреляционных связей указано только в «Выводах по главе 1», а в самой главе об этом ничего не говорится.
- 4) Стр. 45. Не описана формула (2-1).
- 5) Стр. 46, 47. Если g – ускорение свободного падения, а U_{10} – скорость приводного ветра, то не понятно, каким образом при масштабировании в формулах (2-3) в левой части получили безразмерные величины. Аналогично, в формуле (2-5) в левой части обозначена «безразмерная высота волн», однако она имеет размерность.
- 6) Стр. 50. Используется некорректный термин «альтиметрическая скорость ветра», а далее «исходный стандартный альтиметрический ветер» или «альтиметрическая энергия». Никаких сопутствующих пояснений или определений этим терминам не дается.
- 7) Стр. 50. Использование термина «Волны спектрального пика» наряду с ветровыми волнами и волнами зыби (через запятую) не допустимо.
- 8) Стр. 51. Не описана переменная H_s . Не дано пояснения, почему H_s должно быть равно 4 значениям стандартного отклонения высоты поверхности моря. Также не понятно, как эта формула согласуется с формулой для H_s на стр. 65, из чего следует, что энергия волн равна дисперсии колебаний.
- 9) Стр. 53. Не определено понятие «обратный возраст волн», оно дано позднее, не определен его физический смысл, как и понятия «возраст волн» на стр. 61.
- 10) Стр. 64. Не корректный термин «фазовая скорость спектрального пика».
- 11) Стр. 76. На Дальнем Востоке и в Юго-Восточной Азии тропические циклоны также называются тайфунами, а в Северной и Южной Америке — ураганами. В работе наоборот.
- 12) Стр. 79. Не описана ключевая таблица 3.1. Не понятно, что обозначают некоторые столбцы.
- 13) Глава 3 существенно выиграла бы в части описании физических закономерностей развития тайфунов, если бы была учтена монография Григоркина Р.Г., Фукс В.Р. «Воздействие тайфунов на океан» (1986).

Однако, несмотря на отмеченный ряд замечаний, они не снижают в целом высокой оценки научного содержания диссертационной работы, не снижают общего благоприятного впечатления от проведенного исследования и имеют скорее рекомендательный характер.

Заключение официального оппонента

Глубина и тщательность проработки материала, богатый иллюстрированный материал, убедительность изложения, позволяют положительно оценить результаты диссертационного исследования. Диссертационная работа Хоссейна Фарджамии «ОСОБЕННОСТИ ПОЛЯ ВЕТРОВЫХ ВОЛН В ИНДИЙСКОМ ОКЕАНЕ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВЫХ АЛЬТИМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ» является законченным научным исследованием по актуальной тематике, результаты которого прошли широкую апробацию и, несомненно, будут использованы научным сообществом.

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались на многочисленных российских и международных научных семинарах и конференциях, а также были опубликованы в 7 статьях, из которых 4 в журналах из списка ВАК.

На основании вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что диссертация соответствует требованиям п.9 положения ВАК о порядке присуждения ученой степени №842 от 24 сентября 2013 года, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Хоссейн Фарджамии заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.28 – Океанология.

Официальный оппонент
доктор географических наук,
старший научный сотрудник кафедры океанологии СПбГУ

Белоненко Татьяна Васильевна

Институт наук о Земле федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургского государственного Университета» (СПбГУ), 199178, г. Санкт-Петербург, 10 линия Васильевского острова 33-35
Тел: +7 (812) 328-97-09
E-mail: t.v.belonenko@spbu.ru

Личную подпись *Белоненко Татьяна Васильевна*

ЗАВЕРЯЮ

ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА
УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВ



Краснова Е.П.

05.08.2016